

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

Offenlegungsschrift  
DE 199 43 446 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 02 K 9/02  
H 02 K 3/00

21 Aktenzeichen: 199 43 446.8  
22 Anmeldetag: 11. 9. 1999  
43 Offenlegungstag: 15. 3. 2001

DE 199 43 446 A 1

71 Anmelder:  
Eberhardt, Heinz Dieter, Prof. Dr.-Ing., 01239  
Dresden, DE

74 Vertreter:  
Patentanwälte Ilberg und Weißfloh, 01309 Dresden

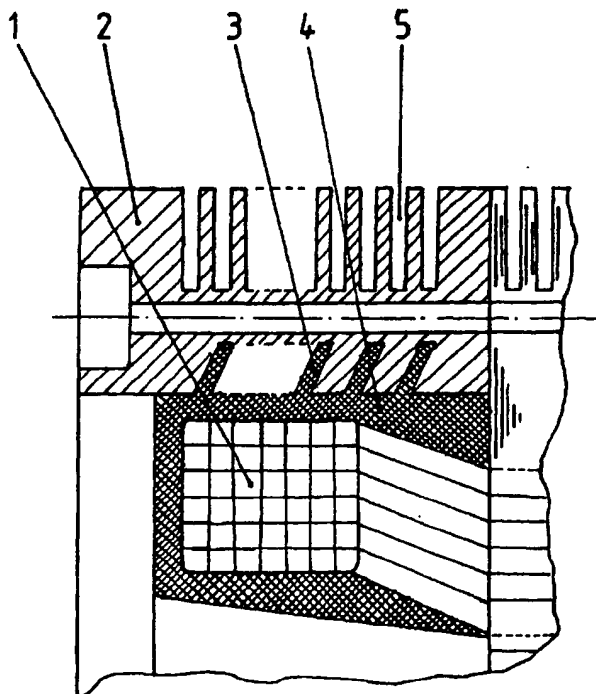
72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen

57 Die Erfindung betrifft die Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen, insbesondere für oberflächengekühlte Drehstrommaschinen, bestehend aus geschichteten Ständerblechpaketen mit Fremd- oder Eigenkühlung.

Aufgabe ist es, sowohl die Kühlung von oberflächengekühlten Drehstrommaschinen mit Fremd- oder Eigenkühlung so zu verbessern, daß sie ähnliche Werte wie bei Wasserkühlung erreicht. Es soll auch eine mechanisch bessere Befestigung der Wickelköpfe erfolgen. Erfindungsgemäß sind am Ständerblechpaket seitlich außen zwei an sich bekannte allerdings speziell gestaltete Preßrahmen 2 angeordnet. Die Preßrahmen 2 besitzen zusätzlich radial außen Kühlkanäle 5. Erfindungsgemäß sind innen im Preßrahmen 2 weitere innere Kühl- und Befestigungskanäle 3 angeordnet. Die Wicklungsköpfe 1 sind voll oder teilweise eingegossen, wobei zwischen Wicklungskopf 1 und Ständerblechpaket nur ein schmaler Spalt frei bleibt. Die Vergußmasse 4 reicht bis in die inneren Kühl- und Befestigungskanäle 3 der Preßrahmen 2 und füllt diese aus. Nach dem Aushärten entsteht eine feste Verbindung zwischen den Wicklungsköpfen 1 und den zugehörigen Kühl- und Befestigungskanälen 3 des erfindungsgemäßen Preßrahmens 2. Durch die einer Verzahnung ähnlichen Verbindung entsteht eine sehr gute mechanische Befestigung der Wicklungsköpfe 1 an dem Preßrahmen 2 der elektrischen Maschine. Auf Grund der großen Oberfläche zwischen Vergußmasse 4, die die Verlustwärme aus den ...



DE 199 43 446 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen, insbesondere für oberflächengekühlte Drehstrommaschinen mit geschichteten Ständerblechpaketen mit Fremd- oder Eigenkühlung. Solcherart Drehstrommaschinen sind z. B. einsetzbar als Spindelantriebe für Werkzeugmaschinen.

Es ist allgemein bekannt bei oberflächengekühlten Drehstrommaschinen ohne inneren Kühlkreislauf die entstehende Verlustwärme fast ausschließlich durch Wärmeleitung über das Ständerblechpaket zum Kühlmedium abzuführen. Für hochausgenutzte Drehstrommaschinen für Spindelantriebe für Werkzeugmaschinen erfolgt die Abführung vorzugsweise durch Wasserkühlung. Problematisch ist jedoch jeweils die Abführung der Verlustwärme aus den Wicklungsköpfen. In der DE 41 38 268 wird deshalb zur Lösung dieses Problems eine direkte Flüssigkeitskühlung der Wicklungsköpfe vorgeschlagen.

Allerdings ist bei hochausgenutzten Maschinen der radiale Einbauraum für die Wicklungsköpfe, deren Halterung und der Raum, der für die Verschaltung der Wicklung zur Verfügung steht, begrenzt, wenn der Außendurchmesser des Gehäuses über die gesamte Länge der Drehstrommaschine gleich sein soll. Bei der direkten Flüssigkeitskühlung der Wicklung bzw. der Wicklungsköpfe sind hohe technologische Aufwendungen erforderlich. Wassergekühlte elektrische Maschinen sind zudem konstruktiv aufwendig und dadurch sehr teuer. Solch eine Lösung ist im DE-GbM 297 17 128 beschrieben, wo sogenannte Umlenkbögen stirnseitig um die Wickelköpfe herum geführt sind um aus den Wicklungsköpfen die Verlustwärme abzuführen.

Um die Verlustwärme aus den Wicklungsköpfen ohne zusätzlichen inneren Kühlkreislauf abzuführen, sind verschiedene Lösungen bekannt. So ist in der DE-AS 30 26 892 eine oberflächengekühlte Drehstrommaschine ohne inneren Kühlkreislauf beschrieben, wo zur besseren Wärmeabfuhr die Geometrie der Wicklungsköpfe so gestaltet ist, daß zwischen Wicklungskopf und Gehäusemantel des Gehäuses eine Berührungsfläche entsteht. Dabei erfolgt ein Abstützen der Wicklungsköpfe an der Gehäuseinnenwand.

In der DE 16 13 297 werden die Wicklungsköpfe mehrfach bandagiert und die Bandagen anschließen unter Vakuum getränkt und ausgehärtet. Der Raum zwischen Wicklungskopf und Innenwand des Preßrahmens des Ständergehäuses wird anschließend mit einer kaltvulkanisierten Silikonkautschuk-Vergußmasse, die mit Füllstoffen hoher Wärmeleitfähigkeit und hoher Wärmekapazität gefüllt ist, vergossen.

Zur Be- bzw. Verfestigung der Wicklungsköpfe ist es aus dem DE-GbM 297 22 433 bekannt, zusätzliche Wicklungskopfstützringe zur Fixierung der Wicklungsköpfe anzuordnen, wobei die Versteifungselemente die Spulenschenkel gleicher Schichten und/oder unterschiedlicher Schichten mechanisch versteifen.

In der DE-OS 44 16 299 ist eine Lösung beschrieben wo zur Führung des Kühlgases eine Gasleiteinrichtung vorgesehen ist, die aus einer Mehrzahl kegelmantelförmiger und voneinander radial distanzierter Leiträume besteht und ein gleichfalls kegelmantelförmiges Ringteil umfaßt, die unter sich und mit dem Maschinengehäuse direkt oder mittelbar mittels im wesentlichen radial verlaufender Stäben verbunden sind. Neben einer guten Verlustwärmeabführung soll hiermit auch eine hohe mechanische Steifigkeit des Wicklungskopfes erreicht werden.

In der DE-OS 44 21 269 ist eine Anordnung der Wicklungsköpfe in Ständern von oberflächengekühlten Drehstrommaschinen ohne inneren Kühlkreislauf beschrieben,

wobei die Geometrie der Wicklungsköpfe so gestaltet ist, daß eine Berührungsfläche zwischen Wicklungskopf und Gehäusemantel des Gehäuses entsteht, die eine Wärmebrücke von den Spulen zum Gehäuse darstellt, wobei die Berührungsfläche am Gehäusemantel mit einer elektrisch isolierenden, wärmeleitenden Beilage versehen ist.

Allerdings haftet dieser Lösung der Nachteil an, daß die Berührungsfläche relativ klein und damit die tatsächliche Wärmeabführung nur gering ist.

In einer anderen Lösung, wie in der DE-OS 40 03 155 beschrieben, werden die Wicklungsköpfe dadurch gekühlt, daß ein Wicklungskopf der Ständerwicklung ringförmig von einem Luftleitkanal umgeben ist, der mindestens eine Austrittsöffnung für einen in Umfangsrichtung den Wicklungskopf umspülenden Kühlluftstrom aufweist. Diese Lösung ist ebenfalls konstruktiv aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, sowohl die Kühlung von oberflächengekühlten Drehstrommaschinen mit Fremd- oder Eigenkühlung so zu verbessern, daß sie ähnliche Werte wie bei Wasserkühlung erreicht, als auch eine mechanisch bessere Befestigung der Wickelköpfe zuverlässig über die gesamte Lebensdauer der rotierenden elektrischen Maschine zu erreichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des 1. Patentanspruches gelöst. Dabei sind am Ständerblechpaket einer oberflächengekühlten Drehstrommaschine außen zwei an sich bekannte allerdings erfindungsgemäß speziell gestaltete Preßrahmen angeordnet. Die Preßrahmen besitzen zusätzlich außen Kühlkanäle, die in der Regel gleich gestaltet sind wie die Kühlkanäle des eigentlichen Ständerblechpaketes. Erfindungsgemäß sind innen im Preßrahmen weitere innere Kühl- und Befestigungskanäle angeordnet. Die Wicklungsköpfe sind voll oder teilweise eingegossen, wobei bei teilweisem Eingießen zwischen Wicklungskopf und Ständerblechpaket nur ein schmaler Spalt frei bleibt. Die Vergußmasse reicht bis in die inneren Kühl- und Befestigungskanäle der Preßrahmen und füllt diese aus. Nach dem Aushärten entsteht eine feste Verbindung zwischen den Wicklungsköpfen und den zugehörigen Kühl- und Befestigungskanälen des erfindungsgemäßen Preßrahmens. Durch die einer Verzahnung ähnlichen Verbindung entsteht eine sehr gute mechanische Befestigung der Wicklungsköpfe zum Preßrahmen der elektrischen Maschine. Auf Grund der großen Oberfläche zwischen Vergußmasse, die die Verlustwärme aus den Wicklungsköpfen ausnimmt und nach außen ableitet, und dem Preßrahmen, wird die Wärme gut zu den äußeren Kühlkanälen des Preßrahmens geleitet. Da die erfindungsgemäßen Preßrahmen außen mit berippten Kühlkanälen versehen sind, ist durch die Fremd- oder Eigenkühlung die Wärmeabführung in diesen Bereichen genauso effektiv wie im Bereich des Ständerblechpaketes. Damit läßt sich in der gesamten elektrischen Maschine ein ausgeglichenes Temperaturniveau realisieren. Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht hochausgenutzte Drehstrommotoren z. B. als Spindelantriebe für Werkzeugmaschinen mit geschichteten Ständerblechpaketen in Luftkühlung ohne negative Auswirkungen auf den Fertigungsprozeß auszuführen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der schmale Spalt zwischen Wicklungskopf und Ständerblechpaket auch mit einer stofflich anders oder gleich zusammengesetzten Vergußmasse ausgegossen. Dabei kann die Vergußmasse leitende Glimmschutzmaterialien enthalten, um die Teilentladungen am Nutaussgang zu begrenzen und die Prüfspannungen besser zu beherrschen.

Die inneren Kühl- und Befestigungskanäle können anstelle umlaufender radialer oder axialer inneren Kühl- und Befestigungskanäle auch wabenartig gestaltet sein. Die Wa-

ben können vieleckig oder rund ausgebildet sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die inneren Kühl- und Befestigungskanäle bei radialer oder wabenartiger Anordnung schräg in axialer Richtung nach außen weg vom Ständerblechpaket geneigt angeordnet. Der Neigungswinkel im Hinblick auf die Maschinenachse ist vorzugsweise kleiner 90° und größer als 45°.

Die inneren Kühl- und Befestigungskanäle können wie eine halbgeschlossene Nut ausgebildet sein.

Die Wirkung der Kühlung des Wicklungskopfes wird verbessert, wenn die Vergußmasse, wie bekannt, eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt.

Zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit insbesondere gegen Haarrisse in den mechanisch hochbelasteten Bereichen ist es vorteilhaft in die Vergußmasse Fasermaterialien, wie zum Beispiel Aramidfasern, einzubringen.

In technologischer und thermischer Sicht ist es vorteilhaft, daß im Preßrahmen zusätzlich ein L-förmiger Kreisring dichtend angeordnet ist. Dieser besitzt einen engen thermischen Kontakt zum Preßrahmen. Wahlweise kann die Innenfläche zum Wicklungskopf hin glatt ausgeführt sein oder im Inneren Kühl- und Befestigungskanäle aufweisen. Diesen dadurch gebildeten Raum wird mit der Vergußmasse ausgefüllt.

Die Erfindung soll nachstehend an Hand der Fig. 1 in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Wicklungskopfes 1 und des zugehörigen Preßrahmens 2.

Am Ständerblechpaket einer oberflächengekühlten Drehstrommaschine ist seitlich außen ein erfindungsgemäßer Preßrahmen 2 angeordnet. Der Preßrahmen 2 besitzt radial außen auf seiner äußeren Oberfläche Kühlkanäle 5, die in der Regel gleich gestaltet sind wie die äußeren Kühlkanäle des eigentlichen Ständerblechpaketes. Erfindungsgemäß sind innen im Preßrahmen 2 weitere innere Kühl- und Befestigungskanäle 3 angeordnet, die in axialer Richtung nach außen vom Ständerblechpaket aus weg geneigt sind. Der Wicklungskopf 1 ist voll eingegossen. Auch der Spalt zwischen Wicklungskopf 1 und Ständerblechpaket ist eingegossen. Die Vergußmasse 4 reicht bis in die inneren Kühl- und Befestigungskanäle 3 des Preßrahmens 2 und füllt diese aus. Nach dem Aushärten entsteht eine feste Verbindung zwischen den Wicklungskopf 1 und den zugehörigen Kühl- und Befestigungskanälen 3 des erfindungsgemäßen Preßrahmens 2. Durch die einer Verzahnung ähnlichen Verbindung entsteht eine sehr gute mechanische Befestigung des gesamten Wicklungskopfes 1 zum Preßrahmen 2 der elektrischen Maschine. Auf Grund der großen Oberfläche zwischen Vergußmasse 4, die die Verlustwärme aus dem Wicklungskopf 1 ab und nach außen ableitet, und dem Preßrahmen 2, wird die Wärme gut zu den äußeren Kühlkanälen 5 des Preßrahmens 2 geleitet. Da der erfindungsgemäße Preßrahmen 2 außen mit berippten Kühlkanälen 5 versehen ist, ist durch die Fremd- oder Eigenkühlung die Wärmeabführung in diesen Bereichen genauso effektiv wie im Bereich des Ständerblechpaketes. Damit läßt sich in der gesamten elektrischen Maschine ein ausgeglichenes Temperaturniveau realisieren.

Die Erfindung ist auch anwendbar bei Drehstrommotoren mit Gehäuse. Dabei ist an Stelle des Preßrahmens ein mit den erfindungsgemäßen inneren Kühl- und Befestigungskanälen versehener Ring im Gehäuse im Bereich des Wicklungskopfes angeordnet, der einen engen thermischen Kontakt zum Gehäuse hat.

Anstelle des Ringes kann auch ein U-förmiger Kreisring angeordnet sein, dessen Innenfläche wahlweise teilweise oder ganz mit den erfindungsgemäßen inneren Kühl- und Befestigungskanälen versehen ist.

## Bezugszeichenliste

- 1 Wicklungskopf
- 2 Preßrahmen
- 3 Kühl- und Befestigungskanal
- 4 Vergußmasse
- 5 Äußerer Kühlkanal

## Patentansprüche

1. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen, insbesondere für oberflächengekühlte Drehstrommaschinen mit geschichteten Ständerblechpaketen mit Fremd- oder Eigenkühlung, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Ständerblechpaket seitlich außen an sich bekannte Preßrahmen angeordnet sind, daß die Preßrahmen zusätzlich radial außen Kühlkanäle besitzen, daß am Preßrahmen innere Kühl- und Befestigungskanäle angeordnet sind, daß die Wicklungsköpfe vollständig oder teilweise eingegossen sind, wobei bei teilweisem Eingießen zwischen Wicklungskopf und Ständerblechpaket nur ein schmaler Spalt frei bleibt und die Vergußmasse bis in die inneren Kühl- und Befestigungskanäle der Preßrahmen reicht und diese ausfüllt.
2. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der schmale Spalt zwischen Wicklungskopf und Ständerblechpaket mit einer stofflich anders zusammengesetzten Vergußmasse oder der gleichen ausgegossen ist.
3. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Kühl- und Befestigungskanäle wabenartig gestaltet sind.
4. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Kühl- und Befestigungskanäle schräg nach außen vom Ständerblechpaket aus weg gerichtet geneigt angeordnet sind.
5. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Kühl- und Befestigungskanäle in axialer Richtung geneigt nach außen vom Ständerblechpaket weg angeordnet sind.
6. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1, 2, 3, 4, oder 5, daß die inneren Kühl- und Befestigungskanäle unterschiedlich wie z. B. als halbgeschlossene Nut, T-förmig, L-förmig oder wellenförmig ausgebildet sind.
7. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergußmasse vorzugsweise eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit und Elastizität besitzt.
8. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die stofflich anders zusammengesetzte Vergußmasse leitende Glimmschutzmaterialien enthält.
9. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen Wicklungskopf und Preßrahmen eine mechanische an-

dere Verbindung angeordnet ist.

10. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in die Vergußmasse Fasermaterialien eingebracht sind. 5

11. Kühlung und Befestigung von Wicklungsköpfen rotierender elektrischer Maschinen nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß im Preßrahmen zusätzlich ein L-förmiger Kreisring dichtend angeordnet ist, der einen engen thermischen Kontakt zum Preßrahmen besitzt und im Inneren zum Wicklungskopf hin Kühl- und Befestigungskanäle aufweist oder glatt ausgeführt ist. 10

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

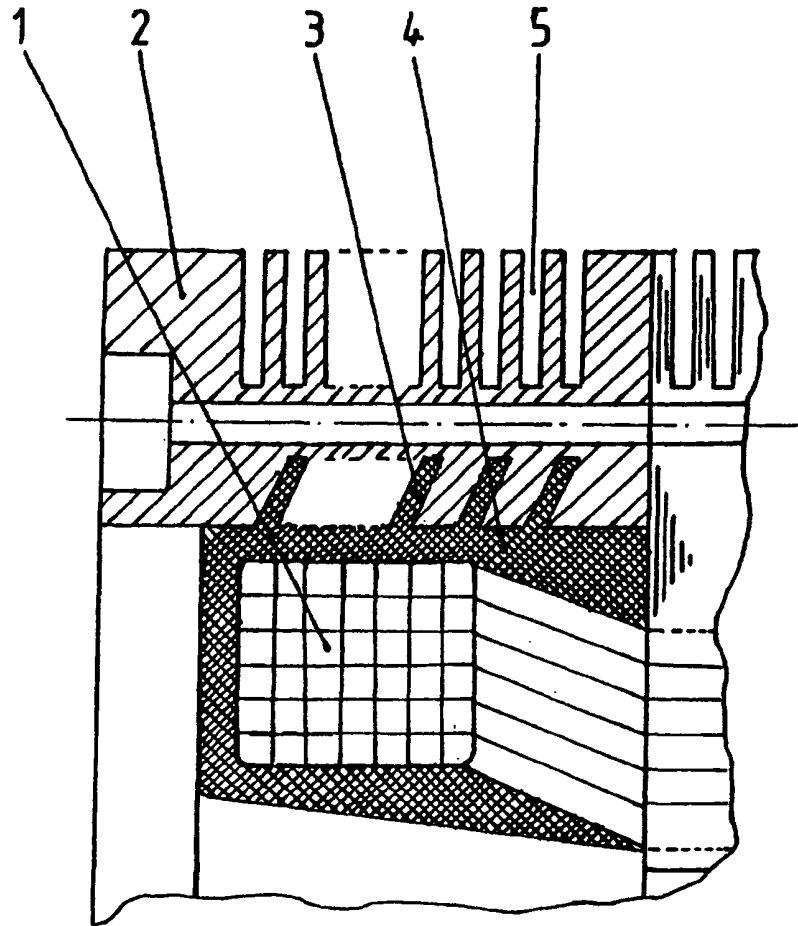


Fig 1